

张金平,李香颜. 基于敏感因子的河南省小麦干热风风险区划分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(16):260-263.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.062

# 基于敏感因子的河南省小麦干热风风险区划分析

张金平<sup>1,2,3</sup>, 李香颜<sup>1,3</sup>

(1. 中国气象局·河南气象局农业气象保障与应用技术重点开放实验室,河南郑州 450003; 2. 兰州大学大气科学学院,甘肃兰州 730000; 3. 河南省新乡市气象局,河南新乡 453003)

**摘要:**干热风是发生在小麦灌浆期,影响河南省小麦高产、稳产的主要农业气象灾害。根据小麦干热风气象行业标准,利用河南省18地市1981—2014年的逐日气象观测数据,选取各地市小麦相对气象产量和千粒质量数据及2010—2014年耕地面积、小麦播种面积等敏感因子,构建基于风险源危险性和承灾体易损性等指标的河南省干热风风险评估体系,并结合GIS技术,利用IDW方法进行河南省干热风的综合风险区划分析。结果表明,河南省干热风的危险性分布呈现东高西低的规律,中东部的干热风发生强度和频率明显高于西部;在不考虑抗灾能力的情况下,综合危险性和易损性指标进行综合风险区划分析,河南省干热风综合风险分布规律为东部高于西部,北部高于南部,驻马店市为干热风的高风险区,次高区为豫北和豫东等地,豫西和豫南各地的干热风风险等级最低,属低风险地带。

**关键词:**干热风;小麦;敏感因子;相对气象产量;千粒质量;风险评估体系;区划

**中图分类号:** S429      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0260-04

河南省是小麦主要生产基地,小麦种植面积占全国的10%,总产量占全国的25%左右。近年来,随着中国小麦生产格局的演变,小麦生产更加集中,河南在小麦生产的重要性更加突出<sup>[1]</sup>。但是在全球气候变化的大背景下,气候变化也导致我国粮食主产区气候事件频发,促进了农业生物灾害与农业气象灾害形成与发展<sup>[2]</sup>,尤其是旱、涝、风、雹、霜冻等影响农业气象灾害的发生频度和强度都有上升趋势,对河南省小麦高产、稳产带来威胁<sup>[3]</sup>。其中干热风灾害是发生在冬小麦灌浆期的高温、低湿并伴有一定风力的天气,发生干热风

时植株蒸腾加剧,而根系吸水能力有限,导致小麦灌浆不足甚至枯萎死亡,可造成小麦减产5%~10%,严重年份减产可达20%,是河南省危害小麦生长的主要农业气象灾害。

建国以来,国内外气象工作者针对干热风开展了大量研究,前期研究内容主要是干热风的气象指标和防御措施等,1975年中国农业科学院委托原华北农业大学组成的北方麦区干热风科研协作组,后中国气象局又委托甘肃等十几个省参与研究,对干热风危害的气象指标、生理机制、天气形势、气候特征,以及防御措施效应等进行了大量的研究<sup>[4-10]</sup>。进入21世纪,众多学者对干热风的研究进一步深入,主要针对区域性干热风的发生规律及致灾机制和预报预警<sup>[11-13]</sup>方面进行研究应用。刘静等以宁夏引黄灌区为例分析了春小麦干热风灾害的监测指标和损失评估模型<sup>[14]</sup>。邹定荣等对华北地区近50年干热风发生时空分布特征进行了研究,得出华北大部分区域干热风日数呈明显递减的趋势<sup>[15]</sup>。张志红等进行

收稿日期:2017-04-10

基金项目:中国气象局/农业气象保障与应用技术重点开放实验室开放基金(编号:AMF201409)。

作者简介:张金平(1982—),女,河南南阳人,硕士,工程师,主要从事农业气象技术研究。E-mail:zjp\_0524@163.com。

出版社,2010.

[2]周定国. 我国秸秆人造板产业的腾飞与超越[J]. 林产工业, 2016,43(1):3-8.

[3]潘明珠,周晓燕,陈成. 纳米二氧化硅在稻秸上的形态分布及制备工艺[J]. 农业工程学报,2012,28(2):250-255.

[4]张志华,王文琴,祖国庆,等. SiO<sub>2</sub>气凝胶材料的制备、性能及其低温保温隔热应用[J]. 航空材料学报,2015,35(1):87-96.

[5]李华,霍丽,吴乌云高娃. 二氧化硅气凝胶制备条件的选择[J]. 广州化工,2012,40(3):14-16.

[6]Geng G Q, Bi W T, Zhang Y, et al. Study on preparation of mesoporous silica aerogels with low density and high properties via ambient pressure drying[J]. Advanced Materials Research, 2011, 148-149:1491-1496.

[7]Cai J, Liu S, Feng J, et al. Cellulose-silica nanocomposite aerogels by in situ formation of silica in cellulose gel[J]. Angewandte Chemie, 2012, 51(9):2076-2079.

[8]许辉,汪牡丹,涂进春,等. SiO<sub>2</sub>气凝胶对复合隔热涂料性能的影响[J]. 材料导报,2013,27(7):100-103.

[9]沈军,连娅,祖国庆,等. 气凝胶低成本制备及其在建筑保温领域中的应用[J]. 功能材料,2015,46(7):8-16.

[10]王妮,任洪波. 不同硅源制备二氧化硅气凝胶的研究进展[J]. 材料导报,2014,28(1):42-45.

[11]Kistler S S. Coherent expanded aerogels and jellies[J]. Nature, 1931,127(3211):741.

[12]Liu L H, Wang H Y, Zhang S Y, et al. Progress of biomimetic synthesis of fire-retardant nano-silica aerogels[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2013,41(24):15-16,28.

[13]Zhu P. Preparation of wheat straw ash derived silica aerogel materials via ambient pressure drying[C]//International Conference on Materials Engineering and Environmental Science, 2016:182-189.

[14]刘晓晖,韩永翔,于辛瑶,等. 秸秆基气凝胶的制备[J]. 大连工业大学学报,2016(5):343-346.

了连续 2 个年度的干热风人工控制试验数据,研究了干热风对冬小麦籽粒灌浆速率和千粒质量的影响,结果表明,灌浆后期的重度干热风影响最大,其次为灌浆中期的重度和轻度干热风<sup>[16-17]</sup>。杨霏云等做了华北冬麦区的风险区划,得出河北东南部和山东西北部为干热风影响高风险区,而河南南部、山东东部、河北东部为干热风影响低风险区<sup>[18]</sup>。

河南省作为冬小麦的主要生产基地,针对干热风灾害的研究也较为广泛。陈怀亮等对河南省冬小麦干热风发生规律进行了研究,认为河南省的干热风日数主要呈“南少北多”空间分布特征。并且具有准 6 年和准 3 年周期的时间特征<sup>[19]</sup>;成林等对河南省近 47 年冬小麦干热风灾害的变化进行了分析,得出干热风三要素中 14:00 时风速明显减小,其他要素变化不明显<sup>[20]</sup>。

本研究针对河南省常发的高温低湿型干热风灾害,利用 1981—2014 年的干热风发生资料,选取冬小麦的千粒质量和相对气象产量波动等敏感因子对河南省冬小麦干热风发生的风险进行分析。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

河南省地处我国中东部中纬度地区,面积占全国总面积的 1.73%,广袤的土地使得河南省气候兼有南北之长,属亚热带向暖温带过渡地区,气候温和、四季分明、日照充足、雨量适中、全省降水量自南向北递减,有利于多种动植物生长繁殖。河南省西南部为丘陵山地,东部为平原区,耕地面积为 726 万 hm<sup>2</sup>,农业有效灌溉面积 479 万 hm<sup>2</sup>,优良的农业资源使其成为全国重要的农畜产品生产基地。

1.2 资料来源

干热风灾害主要影响小麦的灌浆进程,尤其对正处于灌浆中后期的小麦千粒质量影响最大,对小麦抽穗前和蜡熟后影响较小<sup>[13]</sup>。根据河南省小麦发育期进程和气候特点,本研究选取 1981—2014 年近 34 年 5 月 5—31 日小麦灌浆期间全省 121 个观测站的逐日最高温度、14:00 时湿度和风速,根据干热风行业标准采用统计分析方法筛选出河南省干热风发生的日数及区域。数据来源于河南省气候中心。

干热风灾害气象指标采用中华人民共和国气象行业标准(QX/T 82—2007)规定的相应等级<sup>[21]</sup>(表 1)。

表 1 黄淮海冬麦区高温低湿型干热风等级指标(扬花灌浆期)

等级	日最高气温 (°C)	14:00 相对湿度 (%)	14:00 风速 (m/s)
轻干热风	≥32	≤30	≥3
重干热风	≥35	≤25	≥3

河南省 1981—2014 年历年的小麦单产、18 地市 2010—2014 年小麦播种面积和耕地面积,数据来源于《河南省统计年鉴》;千粒质量数据来自河南省 18 个农业气象基本观测站 1981—2010 年的观测数据。

基础地理信息数据来自河南省 1:25 万基础地理信息系统。

1.3 指标选取及数据处理

1.3.1 干热风风险评估指标体系 根据联合国人道主义事务部(1991)<sup>[22]</sup>的定义,自然灾害的风险度  $R_d$  由风险源的危

险度  $H_h$  和承灾体的易损性  $V_b$  的乘积表示。

$$R_d = H_h \times V_b \quad (1)$$

自然灾害风险源的危险度是气象灾害的发生程度,由风险发生强度和其概率表征。本研究利用干热风的发生强度和概率 2 个指标建立干热风的危险性指标。

承灾体的易损性  $V_b$  由暴露在自然灾害中的承灾体的量  $E$  和承灾体的脆弱性  $V_{\text{fragility}}$  组成。

$$V_b = E \times V_{\text{fragility}} \quad (2)$$

由于小麦是干热风的主要影响作物,本研究采用河南省各地市 2010—2014 年小麦播种面积占全市耕地面积的比例作为暴露性指标;干热风主要影响小麦的灌浆速度进而影响最终的产量,因此,本研究选用河南省 18 地市小麦的千粒质量和相对气象产量的综合因子作为承灾体脆弱性指标。

本研究主要探讨灾害区划的自然属性,因此暂不考虑防灾减灾能力。

根据以上所选指标,建立干热风灾害风险评估体系(图 1)。

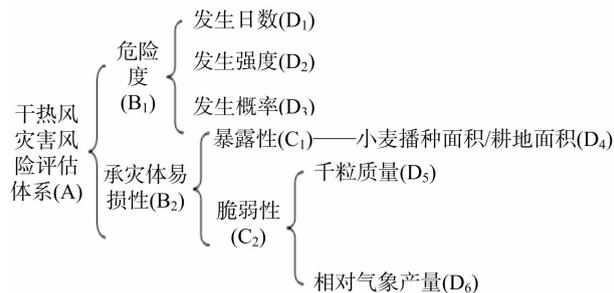


图 1 干热风灾害风险评估指标体系

1.3.2 数据处理及方法 数据处理及分析采用了 Microsoft Excel,SPSS 23.0、VB 6.0 来实现,风险区划制图采用 ArcGIS 10 软件。

1.3.2.1 数据归一化处理 为了消除各个不同量纲对评价指标的影响,使数据处于统一数量级,利用归一化方法,对所有的评价指标数据进行极差标准化处理,其表达式为:

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

式中: $x'$ 为归一化处理后的数据, $x$ 为原始数据, $x_{\max}$ 和  $x_{\min}$ 分别为数据系列中的最大值和最小值。

1.3.2.2 层次分析法(AHP) 层次分析法(the analytic hierarchy pricess,简称 AHP)<sup>[23]</sup>是美国运筹学家 Saaty 教授于 20 世纪 70 年代初期提出的一种灵活简便而又实用的多准则决策方法。利用层次分析法确定各指标的权重,利用此方法确定的指标权重见表 2。

表 2 层次分析法确定指标的权重

指标	权重
危险性	0.65
暴露性	0.20
脆弱性	0.15

1.3.2.3 空间插值法 空间插值法是 GIS 空间分析功能中一种十分重要的方法,它是从已计算出的数据找到一个函数关系式,使该关系式最好地逼近这些已知的空间数据,并根据

函数关系式推求出区域范围内其他未知点的数据<sup>[24]</sup>。本研究采用 IDW(反距离权重空间插值法)方法,利用计算出的河南省 18 个地市数据作为指标,结合 GIS(地理信息系统)技术,对河南省全区的干热风灾害发生风险进行区划分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 风险源的危险性区划

风险源的危险性一般是由致灾因子发生的强度及其概率表征的,本研究将选取干热风发生日数和概率 2 个指标,对干热风的危险性分布进行分析和评估,其表达式为:

$$I = F(G, P) = \sum_{i=1}^n G_i \times P_i \quad (4)$$

式中: $I$ 为干热风危险性风险指数, $G_i$ 为第*i*种干热风发生强度, $P_i$ 为第*i*种干热风发生概率, $n$ 为强度种类数。

利用公式(4)计算出河南全省干热风危险性指数,将计算得出的危险性数值归一化处理后,利用 ArcGIS 10 进行区划制图,得到河南省干热风危险性风险区划结果(图 2)。

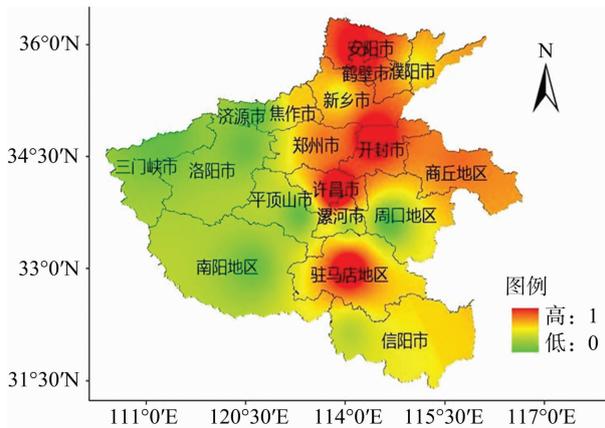


图2 河南省干热风危险性分布

根据图 2 分析可知,河南省干热风危险性分布呈现自西向东升高的规律,豫北的安阳市、鹤壁市和中部的许昌市、开封市干热风发生的危险指数最高,豫西和西南部为干热风的低风险区域。

### 2.2 承灾体的易损性区划

2.2.1 承灾体的暴露性 利用小麦种植面积占当地耕地面积的比例作为干热风灾害的暴露性指标: $D_4 = \frac{P_i}{P}$ , $D_4$ 为某市干热风灾害承灾体的暴露性指标; $P_i$ 为某市 2010—2014 年平均耕地面积; $P$ 为某市 2010—2014 年小麦的平均种植面积;将  $D_4$  归一化处理后得出干热风承灾体暴露性指数  $C_1$ ,利用 ArcGIS 10 进行区划制图(图 3)。

分析图 3 可知,河南省冬小麦的种植面积占当地耕地面积的比例自东向西递减,豫北和豫东地区小麦种植比例偏高,属于小麦主产区;西南部多丘陵山地,冬小麦的种植比例偏小,为暴露性指数低值区。

2.2.2 承灾体的脆弱性 高温低湿型干热风发生在小麦灌浆期,高温高湿并伴有一定的风力,会使蒸腾加剧,根系吸水不及,导致小麦灌浆不足;因此干热风主要影响小麦的灌浆速度和时,而灌浆时间的减少会降低小麦粒质量;产量也可间接反映小麦是否易受干热风的影响,随着生产力水平的提高,

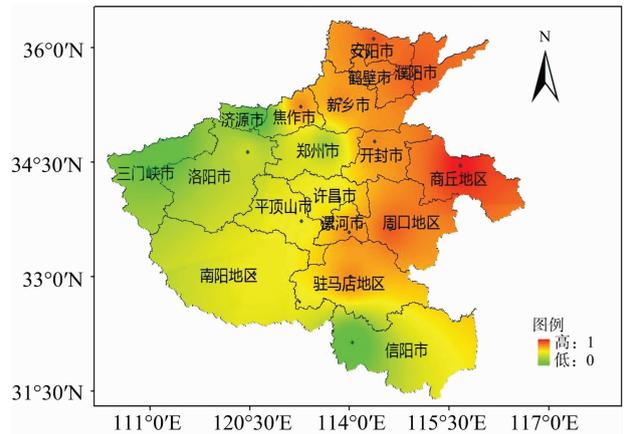


图3 河南省干热风暴露性风险因子分布

河南省各地小麦的单产呈逐年增加趋势,本研究采用直线滑动平均模拟法<sup>[25]</sup>将趋势产量和气象产量分离,利用相对气象产量的波动情况来反映小麦受灾的脆弱性。

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \quad (5)$$

式中: $D$ 为所选因子的均方差,反映因子的波动情况; $x_i$ 所选因子第*i*年的数值, $\mu$ 为  $x_i$  的算术平均值, $N$ 为样本的个数; $D$ 值越大反映受灾体越脆弱。

综合考虑将千粒质量的波动和相对气象产量的波动分别赋予权重 0.5,来表征承灾体的脆弱性,根据干热风灾害风险评估指标体系  $C_2 = 0.5 \times D_5 + 0.5 \times D_6$ ,归一化处理后得出干热风承灾体脆弱性指标  $C_2$ ,利用 ArcGIS 10 进行区划制图(图 4)。

由图 4 分析可知,河南省干热风脆弱性分布呈现南高北低的趋势,以三门峡为中心的豫西地区和以驻马店地区为中心的豫南地区脆弱性指数偏高,易受干热风的影响,豫北地区则处于低值区,抗干热风影响能力较强。

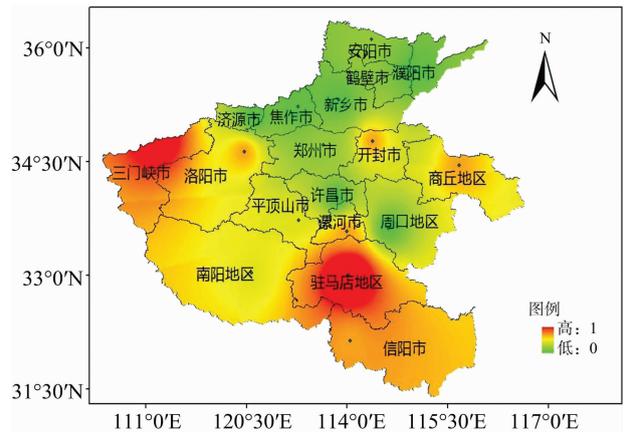


图4 河南省干热风脆弱性风险因子分布

### 2.3 干热风评估综合风险区划

根据层次分析法(AHP)方法确定的各指标权重,得到公式

$$A = 0.65 \times B_1 + 0.20 \times C_1 + 0.15C_2 \quad (6)$$

将干热风危险性、承灾体的暴露性和脆弱性因子指数,代

入公式(6)得出干热风灾害风险指数,将风险等级分为高风险区、中风险区、低风险区3个等级,通过 ArcGIS 10 进行区划制图,得出干热风灾害的综合风险区划(图5)。

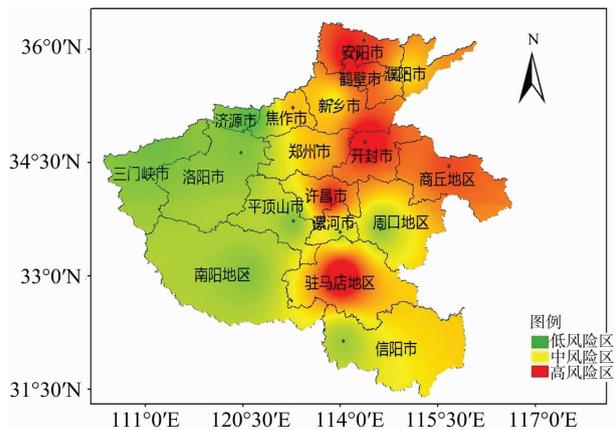


图5 河南省干热风综合风险分布

由图5分析可知,河南省干热风综合风险分布规律为东部高于西部,北部高于南部,驻马店市为干热风的高风险区,次高区为豫北和豫东等地,西部各地的干热风风险等级最低,属低风险地带。

### 3 结论与讨论

利用干热风发生强度和频率对河南省干热风风险性进行区划分析,分布规律呈现自西向东升高的规律,豫北的安阳市、鹤壁市和中部的许昌市、开封市干热风发生的危险指数最高,豫西和西南部为干热风的低风险区域。在不考虑抗灾能力的情况下,构建干热风的危险性和承灾体的易损性的干热风风险评估模型,河南省干热风综合风险分布规律为东部高于西部,北部高于南部,驻马店市为干热风的高风险区,次高区为豫北和豫东等地,西部各地的干热风风险等级最低,属低风险地带。抗灾能力和土地利用信息在研究分析中未考虑,在后期研究中会加入这2个因子的影响分析。

### 参考文献:

[1]李明辉,周玉玺,周林,等. 中国小麦生产区域优势度演变及驱动因素分析[J]. 中国农业资源与区划,2015,36(5):7-15.  
 [2]覃志豪,唐华俊,李文娟,等. 气候变化对农业和粮食生产影响的研究进展和发展方向[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(5):1-7.  
 [3]陈怀亮,邓伟,张雪芬,等. 河南省小麦生产农业气象灾害风险分析及区划[J]. 自然灾害学报,2003,15(1):135-143.  
 [4]北方十三省(市)小麦干热风科研协作组. 小麦干热风伤害机理的研究[J]. 作物学报,1984,10(2):105-112.

[5]小麦干热风科研协作组. 北方小麦干热风气候区划[J]. 气象,1981(5):11-15.  
 [6]北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风气象指标的研究[J]. 中国农业科学,1983,16(4):68-75.  
 [7]华北农业大学干热风科研协作组. 干热风的危害和防御措施的研究概况[J]. 气象科技,1978(2):24-25.  
 [8]陈卓如,范维申. 干热风的气候分析及长期预报[J]. 山东气象,1984(1):1-4.  
 [9]北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风环流机理的研究[J]. 气象,1984(12):2-7.  
 [10]曹玲,窦永祥. 河西走廊中部干热风气候特征分析及其预报方法[J]. 干旱地区农业研究,1997,15(3):79-84.  
 [11]吕学梅,吴君,成兆金. 利用MM5输出产品进行小麦干热风预报[C]//中国农学会农业气象分会2006年学术年会论文集. 2006.  
 [12]李超,周丽,行小帅,等. 基于BP神经网络的干热风灾害预测[J]. 海南师范大学学报(自然科学版),2011,24(3):279-282.  
 [13]祁费明,汪青春. 柴达木盆地干热风气象灾害分布规律及对气候变化的响应[J]. 青海气象,2007(2):20-22.  
 [14]刘静,马力文,张晓煜,等. 春小麦干热风灾害监测指标与损失评估模型方法探讨——以宁夏引黄灌区为例[J]. 应用气象学报,2004,15(2):217-225.  
 [15]邬定荣,刘建栋,刘玲,等. 近50年华北平原干热风时空分布特征[J]. 自然灾害学报,2012,21(5):167-172.  
 [16]张志红,成林,李书岭,等. 干热风天气对冬小麦生理的影响[J]. 生态学杂志,2015,34(3):712-717.  
 [17]成林,张志红,方文松. 干热风对冬小麦灌浆速率和千粒重的影响[J]. 麦类作物学报,2014,34(2):248-254.  
 [18]杨霏云,朱玉洁,刘伟昌. 华北冬麦区干热风发生规律及风险区划[J]. 自然灾害学报,2013,22(3):112-121.  
 [19]陈怀亮,邹春辉,付祥建,等. 河南省小麦干热风发生规律分析[J]. 自然资源学报,2001,16(1):59-64.  
 [20]成林,张志红,常军. 近47年来河南省冬小麦干热风灾害的变化分析[J]. 中国农业气象,2011,32(3):456-460.  
 [21]中国气象局. 小麦干热风灾害等级:QX/T 82—2007[S]. 北京:气象出版社,2007.  
 [22]章国材. 自然灾害风险评估与区划原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2014:24-25.  
 [23]高晓容. 东北地区玉米主要气象灾害风险评估研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2012.  
 [24]曹文静,李强子,蒙继华,等. 基于GIS的气温插值方法比较[C]//中国农学会农业气象分会2006年学术年会论文集. 2006.  
 [25]薛颖颖,霍治国,李世奎,等. 华北北部冬小麦干旱和产量灾损的风险评估[J]. 自然灾害学报,2003,12(1):131-139.